

AVALIAÇÃO DA HOMOGENEIDADE DA EXPANSÃO DOS GRÃOS DE CAFÉ TORRADOS

Guillermo Asdrúbal Vargas-Eliás¹; Paulo Cesar Corrêa²; Natália Rodrigues de Souza³; Fernanda Machado Baptestini⁴; Iasmine Ramos Zaidan⁵

¹ Eng. Agrícola, Doutorando DEA-UFV, Viçosa - MG, guillermo.elias@ufv.br

² Eng. Agrônomo, DS., Professor Adjunto do DEA - UFV, Viçosa - MG, copace@ufv.br

³ Graduanda em Engenharia de Alimentos, UFV, Viçosa-MG, natalia.r.souza@ufv.br

⁴ Eng. Agrícola, Doutoranda DEA-UFV, Viçosa - MG, fernanda.baptestini@ufv.br

⁵ Graduanda em Agronomia, UFV, Viçosa-MG, iasmine.zaidan@ufv.br

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho avaliar a homogeneidade da expansão dos grãos de café torrados. Foram utilizados dois lotes de café da espécie arábica (*Coffea arabica* L.) cuja qualidade pelo teste de xícara indicava como bebida mole e rio. Em seguida os lotes foram classificados por peneiras de número 15, 16, 17 e 18 no café mole e 16, 17, 18 e 19 no café rio. Do café retido em cada peneira, 87,5 g foi usado para compor amostras de 350 g. Para a torrefação, foi utilizado torrefador com queima de gás direto, com cilindro em movimento rotativo a 45 rpm, pré-aquecimento a 327±2,4 °C. A temperatura média de torrefação foi de 285±2,5 °C. A temperatura final dos grãos foi de 227±0,5 °C e os tempos de torrefação foram de 13,4 e 12,8 min para o café com bebida mole e rio, respectivamente. Depois de torradas, as amostras foram novamente classificadas por peneiras. Também foram feitas as análises de teor de água, cor e massa específica aparente antes e depois do processo de torrefação. Independentemente da qualidade dos grãos e mistura de tamanhos, não houve diferença na massa específica aparente e no nível de torrefação dos grãos. Os grãos crus aumentaram o tamanho proporcionalmente em três números acima da peneira original quando foram torrados. A massa acumulada de grãos torrados em função das peneiras permitiu ajustar adequadamente os valores ao modelo matemático tipo sigmoide com r^2 acima de 0,990 para cada qualidade. Os grãos de melhor qualidade sensorial obtiveram maior expansão que os de inferior qualidade, a pesar de usar menor proporção do tamanho na mistura.

PALAVRAS-CHAVE: peneiras, aumento do volume, sigmoide, massa específica aparente, café arábica.

EVALUATION OF THE EXPANSION HOMOGENEITY OF ROASTED COFFEE BEANS

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the homogeneity of the expansion of roasted coffee beans. Were used two types of Arabica coffee (*Coffea arabica* L.) whose quality indicated by the coffee cup classification as soft quality and rio quality. The green beans were classified by size sieves numbers 15, 16, 17 and 18 in soft quality coffee and 16, 17, 18 and 19 in coffee rio quality. Coffee retained on each sieve, 87.5 g was used to compose samples of 350 g. It was used a rotary cylinder roaster with gas burning direct in motion at 45 rpm, preheat to 327 ± 2.4 °C. The average temperature roasting was 285 ± 2.5 °C. The final temperature of the grains was 227 ± 0.5 °C and roasting times were 13.4 and 12.8 min for coffee soft and rio quality respectively. After roasted process, the samples were again classified by sieves. Also analyzes were performed of water content, color, and apparent density before and after of roasting process. Regardless of the quality of the beans and mix of sizes, there was no difference in apparent density and level of roasting beans. The raw bean size increased proportionally in three numbers above the original sieve when they were roasted. The accumulated mass of roasted beans related by sieves allowed to properly adjusting the values to the mathematical model sigmoid type with r^2 above 0,990 for each cup quality. The best sensory coffee quality had greater expansion than coffee with cup lower quality, despite using smaller size proportion in the mixture.

KEY WORDS: sieves, swelling, sigmoid, apparent density.

INTRODUÇÃO

No Brasil, oficialmente, a identificação e a qualidade para a classificação do café beneficiado grão cru é regulamentado pela instrução normativa nº 8, de junho de 2003. A partir dela a qualidade do café é comumente avaliada de acordo com critérios físicos, como forma, tamanho, presença de defeitos, e com sensoriais, por meio do teste de xícara, na qual são identificados aqueles defeitos imperceptíveis ao olho humano ou aos equipamentos de classificação.

Na classificação feita a partir das características físicas do grão, depois que a amostra de trabalho está isenta de matérias estranhas e impurezas e dos defeitos e, além disso, todos os outros procedimentos de rotina de classificação estejam executados e anotados no laudo de classificação, a amostra é passada por uma série de peneiras, a fim de separar os grãos pela forma (grãos chatos e circulares) e pelo tamanho (número da peneira). A importância de lotes com forma e tamanho dos grãos conhecido está em agregar valor ao produto comercializado e no melhor controle do processo de torrefação, uma vez lotes homogêneos resulta em produto final mais uniforme.

A máquina classificadora de café beneficiado tem um conjunto de peneiras (planas ou circulares), com crivos oblongos ou circulares, cujos furos apresentam variadas dimensões de 8 para 19/64 de polegada classificando o produto segundo a forma e tamanho dos grãos, e de colunas de ar, eliminando as impurezas e os defeitos leves. A separação do café é feita dentro das seguintes classes: Chato grosso (*large beans*) peneiras 17 a 19; chato médio (*medium beans*) peneiras 15 e 16, chatinho peneiras 12 a 14; moca grosso peneiras 11 a 13; moca médio peneira 10; moquinha peneiras 8 e 9; escolhas; e café “cabeça” grãos maiores do que o chato 19 (MATIELLO, 1991). O vazamento máximo permitido para cada peneira é 10%. Acima desse limite é exigido novas peneiras.

A título de demonstração, na Tabela 1 encontra-se um levantamento dos diâmetros dos furos das peneiras utilizadas para a classificação física de grãos de café cru, segundo algumas normas.

Tabela 1. Diâmetros dos furos das peneiras utilizadas para a classificação física de grãos de café cru, segundo algumas normas.

Tipo		Número de peneiras						
		12 a 14	15	16	17	18	19	> 19
Inglês*	2009	-	medium	good	bold	large	Extra large	-
Português	1991	chatinho	médio	médio	grosso	grosso	grosso	cabeça
Sist. Inglês*	2003	-	15/64	16/64	17/64	18/64	19/64	-
SI*			5,95	6,35	6,75	7,14	7,54	
ISO*			6,00	6,30	6,70	7,10	7,50	

* WINTGENS, 2009; MATIELLO, 1991.

Na classificação mediante análise sensorial, o degustador avalia as características da bebida como acidez, corpo e sabor, entre outras e o enquadra em um dos seguintes grupos: estritamente mole, mole, apenas mole, duro, riado, rio ou rio zona. Entretanto, informações quanto o novo tamanho dos grãos não é fornecido. Essas são importantes porque permite o controle do processo e das características físicas do produto (VARGAS-ELÍAS, 2011).

Há evidências do aumento do tamanho dos grãos de café em mais de 40% do volume inicial na etapa de secagem, em aproximadamente 60% do tempo total de torrefação, quando os grãos ainda tem umidade (FRANÇA et al., 2002), isto pode estar associado à pressão do vapor e do gás CO₂ nas paredes celulares do endosperma na fase endotérmica, entre 105 e 150 °C (CORTEZ, 2001). Além disso, a liberação dos compostos voláteis contribui para o aumento da área superficial dos grãos (DUTRA et al., 2001).

O início da expansão ocorre quando a temperatura interna do grão é superior a 100 °C, portanto esta é diretamente relacionada à pressão de vapor. Segundo Hernández et al. (2008), a expansão dos grãos de café durante a torrefação é homogênea em todas as dimensões, o que permite variação desde 15 até 70% da área projetada do grão, em razão da temperatura de torrefação de 190 e 300 °C, respectivamente, e ao final do processo aumentam significativamente seu volume tanto aparente em 70% como unitário em 80%, segundo a temperatura de torrefação (VARGAS-ELÍAS, 2011). Existe na literatura modelos que possibilita prever e simular o fenômeno de expansão dos grãos em função do teor de água desses. No caso do café torrado o fator limitante é o baixo teor de água, que de acordo com trabalhos científicos é próximo a 1 % b.u. (VARGAS-ELÍAS, 2011) e com a normativa brasileira IN 16 menos que 5 % b.u. (MAPA, 2011). Para tentar contornar essa situação e sabendo que a dimensão b determina separação física dos grãos torrados por peneiras, propõe-se com este trabalho estudar a homogeneidade da expansão de grãos de café torrados a partir de grãos crus com tamanho pré-estabelecido.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido nos Laboratórios de Análise de Qualidade Sensorial e de Propriedades Físicas e Qualidade de Produtos Agrícolas pertencente ao Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (Centreinar), localizado no campus da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

Foram utilizados dois lotes de café da espécie arábica (*Coffea arabica L.*) beneficiados e isentos de defeitos e daqueles grãos com forma elipsoidal, chamado de café tipo moca, para evitar o efeito da forma dos grãos. Em um dos lotes, segundo pesquisa realizada por Baptestini (2011), o café fornecia bebida mole. O outro, de acordo com os fornecedores, o café fornecia bebida rio. Em seguida os lotes de cafés foram classificados por peneiras de número 15, 16, 17 e 18. Do café retido em cada peneira, 87,5 g foi usado para compor amostras de 350 g, equivalente à capacidade do torrefador.

Para a torrefação das amostras, foi utilizado torrefador com queima de gás direto, com cilindro em movimento rotativo a 45 rpm. Antes de iniciar a torrefação, foi feito o pré-aquecimento, de até 327±2,4 °C do torrefador para estabilização da temperatura no interior do cilindro rotativo. A temperatura média de torrefação foi de 285±2,5 °C. A temperatura final dos grãos foi de 227±0,5 °C e os tempos de torrefação foram de 13,4 e 12,8 min para o café com bebida mole e rio, respectivamente.

Também foram feitas as análises de teor de água, cor e massa específica aparente das amostras antes e depois do processo de torrefação.

O teor de água das amostras foi determinado empregando-se o método da estufa a 105 ± 3 °C até massa constante, segundo Instituto Adolfo Lutz (IAL) (IAL, 2008).

Para a determinação da cor, as amostras foram submetidas à leitura em um colorímetro tristímulo, para leitura direta de reflectância das coordenadas L^* , a^* e b^* , empregando a escala CIE e utilizando o iluminante $10^\circ/D65$.

A massa específica foi determinada pela relação da massa dos grãos acomodados em posição natural de repouso no recipiente com volume fixo de 0,55061 L (one-pint dry U.S.). Os cálculos foram realizados de acordo com a Equação 2.

$$\rho_a = \frac{m_t}{V_t} \quad (1)$$

em que: ρ_a : massa específica aparente dos grãos de café (kg m^{-3}); m_t : massa total dos grãos contidos no recipiente (kg); V_t , volume total do recipiente (m^3).

O volume aparente da amostra foi determinada de acordo com a Equação 3.

$$V_a = \frac{M_g}{\rho_a} \quad (2)$$

em que: V_a : volume aparente dos grãos de café (m^3); M_g : massa total dos grãos da amostra (kg); ρ_a , massa específica aparente média dos grãos de café (kg m^{-3}).

A expansão aparente dos grãos no final da torrefação foi calculada de acordo com a Equação 4.

$$\Psi_a = \frac{V_a}{V_{a_0}} \quad (3)$$

em que: Ψ_a : índice de expansão aparente dos grãos de café (adimensional); V_a : volume aparente dos grãos de café torrados (m^3); V_{a_0} : volume aparente dos grãos de café crus (m^3).

Foi definido o termo de peneira equivalente para representar a média ponderada do tamanho dos grãos de toda a amostra de acordo a sua distribuição nas peneiras usadas e com a Equação 4.

$$P_e = \frac{m_1 * P_1 + \dots + m_n * P_n}{m_1 + \dots + m_n} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i * P_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (4)$$

em que: P_e : número de peneira equivalente; P_1 : número de peneira na posição inferior e de menor tamanho de orifício, P_n : número de peneira na posição superior e corresponde ao maior tamanho de orifício, m_1 : massa de grãos retidos na peneira inferior; m_n : massa de grãos retidos na peneira superior.

Depois de torradas, as amostras foram novamente classificadas pelas peneiras a fim de ajustar um modelo (Equação 5).

$$y = \frac{a}{1 + \exp\left(\frac{x - x_0}{b}\right)} \quad (5)$$

em que: x : número da peneira (unidade); y : massa acumulada dos grãos torrados de café (%); a , b e x_0 : são constantes do modelo obtidas por regressão não linear.

O experimento foi montado segundo o delineamento inteiramente casualizado com três repetições. Os dados experimentais foram à análise de regressão não linear.

RESULTADOS E DISCUSÃO

Na Tabela 2 são observados os parâmetros da cor, que segundo os valores das coordenadas L^* , b^* e a^* , os grãos submetidos a condições constantes de torrefação, atingiram praticamente o mesmo nível de torrefação independentemente da qualidade dos mesmos e da composição dos tamanhos dos grãos. Pelo parâmetro L^* a cor dos grãos indica é inferior a torra média (BAPTESTINI, 2011).

Tabela 2. Características da cor dos grãos antes e depois da torrefação segundo sistema CIE L*, a* e b*.

Tipo	Coordenada de cor (escala CIELAB)					
	L*		a*		b*	
	Cru	Torrado	Cru	Torrado	Cru	Torrado
Mole	52,51 ± 0,57	25,50 ± 1,41	2,11 ± 0,12	5,40 ± 0,43	18,86 ± 0,22	7,01 ± 1,26
Rio	48,07 ± 0,44	26,18 ± 1,29	3,05 ± 0,20	6,55 ± 0,63	18,91 ± 0,37	8,44 ± 1,07

Na Tabela 3 estão às médias do teor de água e da massa específica aparente das amostras de café nas qualidades mole e rio antes e depois da torra. Observou-se que a massa específica dos grãos beneficiados tipo mole foi maior que do tipo rio, enquanto aos grãos torrados não houve diferença significativa em relação à qualidade. Pela massa específica aparente os grãos torrados podem ser classificados como torração média (VARGAS-ELÍAS et al., 2012) e não teve influência significativa tanto das proporções de massa quanto do tamanho de grãos crus usados na mistura. Além disso, a massa específica diminui pela metade depois da torrefação, o mesmo reportado por Vargas-Elías (2011), em café arábica de alta qualidade segundo a análise sensorial e com grão classificado industrialmente acima da peneira nº 17.

A partir do índice de expansão aparente, observa-se que os grãos aumentaram o tamanho segundo a qualidade, para o tipo rio foi 63,3±1,5 % e para o tipo mole 67,1±0,8 %, os grãos tipo mole a pesar de usar menor proporção do tamanho na mistura obtiveram a maior expansão que o tipo rio. A capacidade de expansão dos grãos foi associada à qualidade sensorial em outras pesquisas, observou-se que os grãos de qualidade sensorial superior tipo mole e dura expandiram mais que o tipo rio, em valores de 74, 72 e 63 %, respectivamente (FRANÇA et al., 2005).

Tabela 3. Características físicas dos grãos crus e torrados em duas qualidades do tipo arábicas em 350 g de amostra inicial composta de quatro tamanhos de grãos beneficiados.

TIPO	PENEIRAS	DM (%)	Teor Água		Massa específica aparente		Ψ_a
			Cru	Torrado	Cru	Torrado	
			(kg _a kg _{ms} ⁻¹)		(kg m ⁻³)		
Mole	15-16-17-18	16,1 ± 0,4	0,1234 ± 0,002	0,0113 ± 0,002	659,0 ± 4,1	330,7 ± 3,8	1,671
Rio	16-17-18-19	15,8 ± 0,4	0,1222 ± 0,002	0,0107 ± 0,003	647,7 ± 2,8	334,0 ± 4,0	1,633

DM= Diferença de massa total entre no início e final da torrefação; Ψ_a : índice de expansão aparente (adimensional)

A perda de massa dos grãos torrados não teve diferença, a média foi 16,0 % indicando que o nível de torrefação atingido foi médio claro (VARGAS-ELÍAS, 2011).

Na Tabela 4 são apresentadas as proporções de massas dos grãos de café crus e torrados retidos nas peneiras de nº 15 até 23. Observa-se que os quatro valores da massa de grãos torrados estão entre 13 e 35%, identificando claramente as duas qualidades estudadas. No café mole, 90% da massa ficaram retidos entre as peneiras 18 e 21, e 88% da massa do café rio ficaram retidos entre as peneiras 19 e 22.

Tabela 4. Proporções de massas dos grãos de café crus e torrados retidos nas peneiras de nº 15 a 23.

Tipo			Número de peneiras								
			15	16	17	18	19	20	21	22	23
MOLE	cru	Média	25	25	25	25					
		torrado	Média		0,15	2,22	13,43	21,92	34,27	20,70	6,75
		Desv.P.		0,11	0,37	0,23	1,73	0,66	0,54	0,32	0,09
		C.V.		73,87	16,46	1,75	7,89	1,91	2,61	4,71	16,07
		Acumu.		0,15	2,38	15,80	37,72	71,99	92,69	99,44	100,0
RIO	cru	Média		25	25	25	25				
		torrado	Média		0,47	1,20	7,37	13,29	30,62	25,30	18,61
		Desv.P.		0,24	0,54	0,94	1,44	1,30	0,57	0,79	0,70
		C.V.		51,60	44,80	12,75	10,84	4,23	2,27	4,24	22,09
		Acumu.		0,47	1,67	9,04	22,33	52,95	78,24	96,85	100,0

Desv.P. = Desvio padrão; C.V. = Coeficiente de variação; Acumu. = Massa acumulada

No cálculo da peneira equivalente após torração dos grãos, para o tipo mole aumentou de 16,5 até 19,8 e, e para tipo rio aumentou desde 17,5 até 20,4, observou-se que o tamanho aumentou em pelo menos três unidades o número da peneira. Na Figura 1 estão as curvas ajustadas para a massa acumulada dos grãos de café torrados, para a bebida mole (a) e rio (b) em função do número de peneiras, bem como o coeficiente de determinação e as constantes do modelo. Observa-se alta correspondência entre os valores observados e os ajustados pelo modelo. Além disso, o fenômeno de expansão dos grãos de café torrado pode ser explicado por uma sigmoide.

Não há registros na literatura da medição do tamanho dos grãos de café em peneiras depois da torrefação. Na comercialização de grãos crus essa prática é essencial, uma vez que o tamanho e a forma são considerados parâmetros de qualidade e de preço do produto. Já para os grãos torrados essa não é adotada, porque a maior parte do café torrado comercializado encontra-se moído, sendo que segundo Pádua et al. (2002), a moagem este é um fator de complicação para a preservação da qualidade, pois com a ruptura das células ocorre exposição do conteúdo celular às diversidades do ambiente de armazenamento, favorecendo as reações químicas.

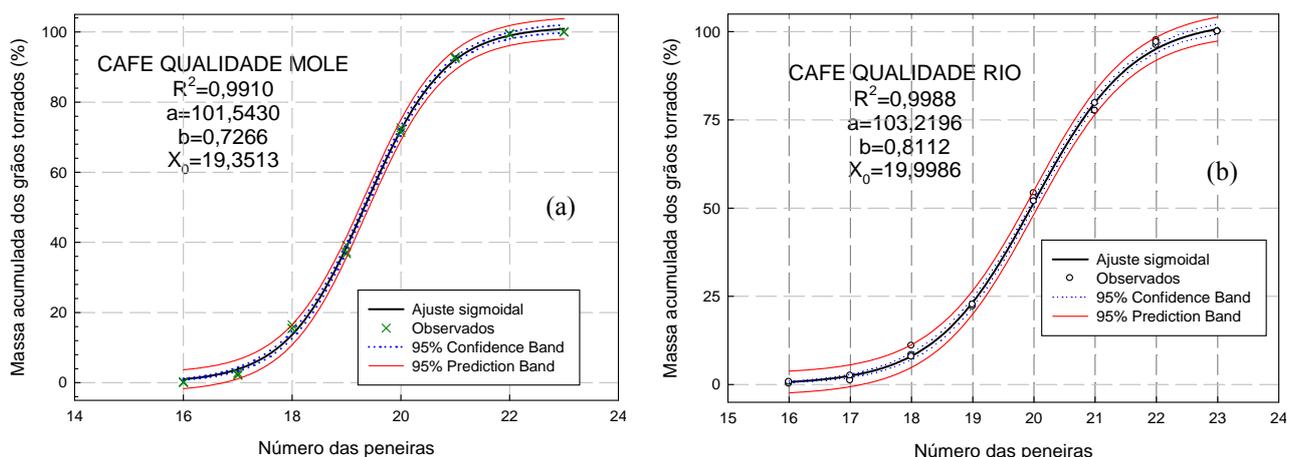


Figura 1. Curvas ajustadas da massa acumulada dos grãos de café torrados, para a bebida mole (a) e rio (b) em função do número de peneiras, bem como o coeficiente de determinação e as constantes do modelo.

A curva que representa a qualidade de café rio encontra-se defasada a direita porque utilizou-se grãos a partir da peneira nº 16, enquanto o café qualidade mole começou com peneira nº 15 na composição das amostras. Mas observa-se que a área embaixo das curvas foi maior para o café mole que do tipo rio, indicando que a apesar de ter grãos de menor tamanho teve maior expansão. Pode-se inferir que quanto maior é o tamanho dos grãos na composição da amostra de café cru, maior seria a expansão dos grãos torrados e por tanto maior será a massa retida nas peneiras (Figura 2).

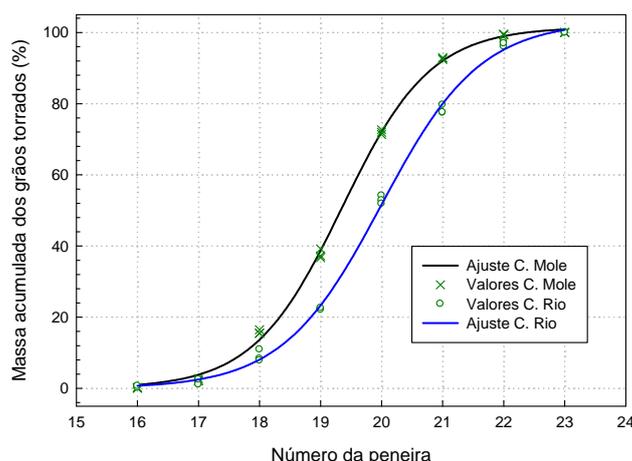


Figura 2. Distribuição da massa acumulada dos grãos de café torrados segundo tamanho retido em peneira.

CONCLUSÃO

As peneiras usadas na classificação dos grãos de café crus permitiram a análise da expansão dos grãos de café torrados. Os grãos crus aumentaram o tamanho proporcionalmente em três números acima da peneira original quando foram torrados. Os grãos de melhor qualidade sensorial obtiveram maior expansão que os de inferior qualidade, a pesar de usar menor proporção do tamanho na mistura.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidad de Costa Rica, CAPES, CNPq e FAPEMIG pelo apoio financeiro; também ao Departamento da Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa e ao CENTREINAR.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- BAPTESTINI, F. M. Efeito da granulometria e da embalagem na sorção de água pelo café torrado e moído. (Dissertação de mestrado em Engenharia Agrícola). Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. 2011. 83p.
- DUTRA, E.R.; OLIVEIRA, L.S.; FRANÇA, A.S.; FERREZ, V.P.; AFONSO, R.J. A preliminary study on the feasibility of using the composition of coffee roasting exhaust gas for the determination of the degree of roast. *Journal of Food Engineering*, v. 47, p. 241-246, 2001.
- FRANÇA, A.S.; OLIVEIRA, L.S.; VITORINO, M.D. Efeito da taxa de aquecimento na evolução da perda de massa e teor de umidade de grãos de café durante a torra. *Revista Brasileira de Armazenamento*, v. especial, n. 4, p. 3-8, 2002.
- FRANÇA, A. S.; MENDOÇA, J. C. F.; OLIVEIRA, S. D. Composition of green and roasted coffees of different cup qualities. *LWT*, v. 38, p. 709-715, 2005.
- HERNÁNDEZ, J.A.; HEYD, B.; TRYSTRAM, G. On-line assessment of brightness and surface kinetics during coffee roasting, *Journal of Food Engineering*, v. 87, p. 314-322, 2008.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos - Físicos para Análise de Alimentos, 1ª edição digital. São Paulo, 2008. cap. 4, p. 83-158.
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento técnico de identidade e de qualidade para classificação do café beneficiado grã cru. Instrução Normativa N8 de 11/06/2003. 2003.
- MATIELLO, J. B. O café: do cultivo ao consumo. 1991. Editora GLOBO S.A. SP. Brasil. Coleção do agricultor. Grãos (Publicações Globo Rural). 320 p.
- PÁDUA, F. R. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; LOPES, L. M. V.; MELO, W. C.; MORAIS, A. R. Avaliação sensorial e da composição química, durante o armazenamento, do café torrado e moído. *Revista Brasileira de Armazenagem, Especial Café*, Viçosa, n. 5, p. 15-21, 2002.
- VARGAS-ELÍAS, G. A. Avaliação das propriedades físicas e qualidade do café em diferentes condições de torrefação. (Dissertação de mestrado em Engenharia Agrícola). Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. 2011. 114 p.
- VARGAS-ELÍAS, G. A.; CORRÊA, P. C. BAPTESTINI, F. M.; SOUZA, N. R.; ZEYMER, J. S. Classificação dos grãos de café torrados pela massa específica aparente em duas metodologias. *Anais XLIII Congresso de Engenharia Agrícola CONBEA*. Foraleza, CE. 2013. 4 p.
- WINTGENS, J. N. Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production. WILEY-VCH. 2 ed. Weinheim, Switzerland. 2009. 983 p.